

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2002 Thomson Derwent: All rts. reserv.

012442959 **Image available**
WPI Acc No: 1999-249067/ 199921
XRPX Acc No: N99-185684

Shock absorber used in projection exposure system - has solenoid valve provided between pressurized air source and pneumatic spring, switched from closed to open state, when reserve opening-closing operation is performed

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11072136	A	19990316	JP 9831374	A	19980213	199921 B

Priority Applications (No Type Date): JP 97161060 A 19970618

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11072136	A	18	F16F-015/02	

Abstract (Basic): JP 11072136 A

NOVELTY - A shock absorbing desk is supported on floor surface through a pneumatic spring. A solenoid valve (40V) controls opening and closing state between pressurized air source and spring. The valve is switched from closed state to open state, when reserve opening-closing operation is performed. DETAILED DESCRIPTION - A pressurized air source (40T) supplies pressurized air to pneumatic spring through a pipeline (40H). An actuator actuates the shock absorbing desk in spring support direction.

USE - In projection exposure system.

ADVANTAGE - Since thrust of pneumatic spring is gradually raised, vibration generated in shock absorbing desk is suppressed. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows connection state of solenoid valve and pressurized air source. (40H) Pipeline; (40T) Pressurized air source; (40V) Solenoid valve.

Dwg.3/11

Title Terms: SHOCK; ABSORB; PROJECT; EXPOSE; SYSTEM; SOLENOID; VALVE; AIR; SOURCE; PNEUMATIC; SPRING; SWITCH; CLOSE; OPEN; STATE; RESERVE; OPEN; CLOSE; OPERATE; PERFORMANCE

Derwent Class: P84; Q63; U11; V02

International Patent Class (Main): F16F-015/02

International Patent Class (Additional): F16F-015/04; G03F-007/20;

H01L-021/027

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E1; V02-E02

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-72136

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int Cl. ⁴	識別記号	F I	
F 1 6 F 15/02		F 1 6 F 15/02	A
15/04		15/04	A
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 3 F

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平10-31374	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成10年(1998) 2月13日		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(31) 優先権主張番号	特願平9-181060	(72) 発明者	高橋 正人
(32) 優先日	平9(1997) 6月18日		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 永井 冬紀

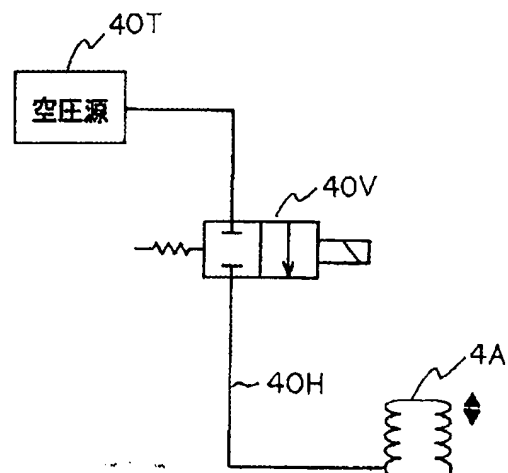
(54) 【発明の名称】 除振装置及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 除振台を支持する空気バネと空気バネに空圧を供給する空圧源との間に介在する弁を開いて空気バネに推力を発生させる際に、空気バネ内の圧力が急速に高まって除振装置に振動が発生するのを抑制する。

【解決手段】 空圧源40Tと空気バネ4Aとは管路40Hにて接続される。管路40Hの途中には電磁弁40Vが配置される。空気バネ4Aの推力を増すときには電磁弁40Vを開く。このとき、電磁弁40Vの開弁信号を発する際にまずパルス波を印加する。これにより電磁弁40Vが全閉状態から全開状態に切替わる前に予備開閉動作が行われる。このパルス波のパルス幅は、電磁弁が全閉状態から全開状態になるまでに要する過渡時間より短くし、この開弁パルス信号を周期的に所定回にわたって発する。このパルス信号によって電磁弁は半開動作を繰り返し、空気バネ4Aに発生する推力は徐々に上昇する。

【図 3】



【特許請求の範囲】

【請求項1】 床面に対し、空気バネを介して支持された除振台と、

前記空気バネへ空圧を供給するための空圧源と、

前記空気バネと前記空圧源とを連通する管路と、

前記管路に配設され、前記空圧源と前記空気バネとの間を連通する開状態、または遮断する閉状態に切換可能な弁開閉手段と、

前記空気バネと並列に配設され、前記除振台を前記空気バネの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータと、

前記除振台の変位を検出する変位センサと、

少なくとも前記変位センサからの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記アクチュエータを駆動制御するとともに、前記弁開閉手段を開閉駆動して前記空気バネの推力を調節し、前記除振台アクチュエータの負荷を低減させるように駆動制御する除振台制御系とを有する除振装置において、

前記弁開閉手段を前記閉状態から前記開状態に切換える際に、少なくとも1回の予備開閉動作を行うことを特徴とする除振装置。

【請求項2】 床面に対し、空気バネを介して支持された除振台と、

前記空気バネへ空圧を供給するための空圧源と、

前記空圧源から供給される空圧の一部を、前記空気バネをバイパスさせて流動させながら前記空気バネに供給する空圧を調節可能な可変圧力調整手段と、

前記空気バネと並列に配設され、前記除振台を前記空気バネの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータと、

前記除振台の変位を検出する変位センサと、

少なくとも前記変位センサからの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記アクチュエータを駆動制御するとともに、前記可変圧力調整手段を制御して前記空気バネの推力を調節し、前記アクチュエータの負荷を低減させる除振台制御系とを有することを特徴とする除振装置。

【請求項3】 床面に対し、複数の空気バネを介して支持された除振台と、

前記空気バネへ空圧を供給するための空圧源と、

前記空圧源から前記複数の空気バネのそれぞれに供給する空圧を独立して調節可能な圧力調整手段と、

前記空気バネと並列に配設され、前記除振台を前記空気バネの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータと、

前記除振台上を移動可能に設置される移動テーブルと、前記移動テーブルの移動量に関する信号を出力するテーブル移動量出力手段と、

前記除振台の変位を検出する変位センサと、

少なくとも前記変位センサからの出力に基づいて前記ア

クチュエータを駆動制御し、前記除振台の振動を抑制するとともに、前記可変圧力調整手段を制御して前記空気バネの推力を調節して前記アクチュエータの負荷を低減させ、かつ前記テーブル移動量出力手段から出力される信号に基づいて求められる前記除振台の重心位置変化に対応して前記複数の空気バネのそれぞれの推力を調整する除振台制御系とを有することを特徴とする除振装置。

【請求項4】 請求項2または3に記載の除振装置において、前記圧力調節手段は、徐々に圧力を変化させることの可能な可変リリーフ弁であることを特徴とする除振装置。

【請求項5】 マスクに形成されたパターンを、投影光学系を介して基板ステージ上の基板に投影する露光装置であって、

前記請求項1～4のいずれか1項に記載の除振装置を露光装置本体の除振装置として具備することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、除振装置及び露光装置に係り、更に詳しくは、除振台の振動を打ち消すようにアクチュエータにより除振台を駆動するいわゆるアクティブ方式の除振装置及びこの除振装置を備えた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置、即ちいわゆるステッパ等の精密機器の高精度化に伴い、設置床から定盤（除振台）に作用する微振動をマイクロGレベルで絶縁する必要が生じている。除振装置の除振台を支持する除振パッドとしてはダンピング液中に圧縮コイルバネを入れた機械式ダンパや空気式ダンパ等、種々のものが使用され、除振パッド自体がある程度のセンタリング機能を備えている。特に、空気式ダンパを備えた空気バネ除振装置は、バネ定数を小さく設定でき、約10Hz以上の振動を絶縁することが可能で、精密機器の支持に広く用いられている。また、最近では従来のパッシブ除振装置の限界を打破するために、アクティブ除振装置が提案されている（例えば、本願と同一出願人に係る特開平8-166043号等参照）。これは、除振台の振動をセンサで検出し、このセンサの出力に基づいてアクチュエータを駆動することにより振動制御を行うものあり、低周波制御帯域に共振ピークの無い理想的な振動絶縁効果を持たせることができる。

【0003】上述の除振装置では、主に除振を行うための速度ループと、本体の位置決めを行うための位置ループとの組み合わせで除振台の制御ループが構成されている。そして、除振台には6個の振動センサと6個の位置センサとが取り付けられており、これらセンサから求められる6自由度方向の変位および振動を、除振装置の設

計の際に便宜上定めた直交座標系(機械設計上の座標系)における6自由度方向の運動に変換し、この変換結果に基づいて複数のアクチュエータを駆動して制振フィードバック制御をする。

【0004】このようなアクティブ除振装置によれば、高い振動絶縁効果を得ることができる反面、このアクティブ除振装置に定常的な外乱が作用した場合、アクチュエータの発熱およびこれに付随する問題を引き起こすことがある。すなわち、例えばステッパ本体と周辺機器とを接続するケーブルなどの弾性力や自重等により定常的な外乱が作用した場合、これら外乱による僅かな位置ずれも補正して除振装置の位置を維持しようとするため、アクティブ制振装置を構成するアクチュエータに対して外乱を打ち消す方向に定常推力を発生させることになる。そしてアクチュエータが電磁式等、定常推力を発生させるために定常電流を供給する必要があるものの場合、アクチュエータは局部的に発熱することがある。

【0005】一方、ステッパ等は恒温恒湿に保たれたチャンバに収納されていて精度が維持されているが、上述のようにアクチュエータが局部的に発熱した場合、チャンバ内の空気にゆらぎを生ずる。このゆらぎにより、たとえばXYステージの移動量を測定するレーザ干渉計などの測定精度が低下することがある。

【0006】この問題を解決するための一案として、アクチュエータの定常推力を低減して発熱を防止するため、以下のような制振装置が提案されている。つまり、この制振装置において、除振台は床面から除振台に伝わる振動の遮断を目的とした空気バネによって支持されるとともに、空気バネでは遮断しきれない振動や除振台上に載置された露光装置等が作動する際に発生する振動をセンサで検出し、検出された振動に基づいてアクティブ制振用アクチュエータを駆動するものであるが、このとき空気バネによっても推力を発生し、その分アクチュエータにかかる負荷を低減するものである。すなわち、時々刻々と変化するアクチュエータの推力のうちの、定常推力に近い低周波成分を検出し、この検出値に基づいて空気バネ用の空圧源と空気バネとを連通する管路に配設された開閉弁を開閉駆動して空気バネの推力を調節する。これによりアクチュエータに供給する電流が低減し、発熱も低減することが可能となる。

【0007】ところが、上述のように開閉弁を駆動して空気バネの推力を調整した場合、除振装置に揺れを生ずることがあった。これについて図7を参照して説明する。図7において、①開閉弁(電磁弁)の制御信号の変化に呼応して②電磁弁が開き、これにともなって③空気バネに多量の空気が流入、これにより空気バネの推力が急変して④除振台上に設置された露光装置が揺れる様子を示すタイムチャートである。そして⑤に示すように、空気バネの推力が急激に上昇することにより、⑥に示すように除振台上の露光装置が大きく揺れる。除振装置

は、センサが検出した揺れに基づいてアクチュエータを駆動して制振しようとする。しかし、揺れが過大である場合には、⑥に示すように残留振動が発生する。

【0008】本発明の目的は、空気バネ用の空圧源と空気バネとを連通する管路に設けられた開閉弁を開閉制御したときに空気バネの推力が急変し、これにより残留振動が発生するのを防止することが可能な除振装置及びこれを備えた露光装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

(1) 一実施の形態を示す図1、図3および図4に対応付けて本発明を説明すると、請求項1に記載の発明は、床面に対し、空気バネ4A~4Dを介して支持された除振台6と；空気バネ4A~4Dへ空圧を供給するための空圧源40Tと；空気バネ4A~4Dと空圧源40Tとを連通する管路40Hと；管路40Hに配設され、空圧源40Tと空気バネ4A~4Dとの間を連通する開閉状態、または遮断する閉状態に切換可能な弁開閉手段40Vと；空気バネ4Aと並列に配設され、除振台6を空気バネ4A~4Dの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータ7A~7Dと；除振台6の変位を検出する変位センサ10Z1~10Z3と；少なくとも変位センサ10Z1~10Z3からの出力に基づいて除振台6の振動を抑制するようにアクチュエータ7A~7Dを駆動制御するとともに、弁開閉手段40Vを開閉駆動して空気バネ4A~4Dの推力を調節し、除振台アクチュエータ7A~7Dの負荷を低減させるように駆動制御する除振台制御系61とを有する除振装置に適用される。そして、弁開閉手段40Vを閉状態から開状態に切換る際に、少なくとも1回の予備開閉動作を行うことにより上述した目的を達成する。

(2) 一実施の形態を示す図1および図8に対応付けて説明すると、請求項2に記載の発明は、床面に対し、空気バネ4A~4Dを介して支持された除振台6と；空気バネ4A~4Dへ空圧を供給するための空圧源40Tと；空圧源40Tから供給される空圧の一部を、空気バネ4A~4Dをバイパスさせて流動させながら空気バネ4A~4Dに供給する空圧を調節可能な可変圧力調整手段90A~90Cと；空気バネ4A~4Dと並列に配設され、除振台6を空気バネ4A~4Dの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータ7A~7Dと；除振台6の変位を検出する変位センサ10Z1~10Z3と；少なくとも変位センサ10Z1~10Z3からの出力に基づいて除振台6の振動を抑制するようにアクチュエータ7A~7Dを駆動制御するとともに、可変圧力調整手段90A~90Cを制御して空気バネ4A~4Dの推力を調節し、アクチュエータ7A~7Dの負荷を低減させる除振台制御系11Aとを有するものである。一実施の形態を示す図1および図10に対応付けて説明する。

(3) 請求項3に記載の発明は、床面に対し、複数の空気バネ4A~4Dを介して支持された除振台6と；空気バネ4A~4Dへ空圧を供給するための空圧源40Tと；空圧源40Tから複数の空気バネ4A~4Dのそれぞれに供給する空圧を独立して調節可能な圧力調整手段90A~90Cと；空気バネ4A~4Dと並列に配設され、除振台6を空気バネ4A~4Dの支持方向と略同一の方向に駆動可能なアクチュエータ7A~7Dと；除振台6上を移動可能に設置される移動テーブル20、27と；移動テーブル20、27の移動量に関する信号を出力するテーブル移動量出力手段94と；除振台6の変位を検出する変位センサと10Z1~10Z3と；少なくとも変位センサ10Z1~10Z3からの出力に基づいてアクチュエータ7A~7Dを駆動制御し、除振台6の振動を抑制するとともに、可変圧力調整手段90A~90Cを制御して空気バネ4A~4Dの推力を調節してアクチュエータ7A~7Dの負荷を低減させ、かつテーブル移動量出力手段94から出力される信号に基づいて求められる除振台6の重心位置変化に対応して複数の空気バネ4A~4Dのそれぞれの推力を調整する除振台制御系95、96および61Bとを有するものである。

(4) 請求項4に記載の発明において圧力調節手段90A~90Cは、徐々に圧力を変化させることの可能な可変リリーフ弁としたものである。

(5) 請求項5に記載の発明は、マスクRに形成されたパターンを、投影光学系PLを介して基板ステージ上の基板に転写する露光装置に上記請求項1~4のいずれか1項に記載の発明を適用したものである。

【0010】なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かりやすくするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【0011】

【発明の実施の形態】

—第1の実施の形態—

以下、本発明の第1の実施の形態について、図1~図4を参照して説明する。

【0012】図1には、一実施の形態に係るステップ・アンド・スキャン型の露光装置100の概略斜視図が示されている。この図1において、設置面としての床上に長方形板状の台座2が設置され、この台座2上に空気バネ4A~4D（但し、図1では紙面奥側の空気バネ4Dは図示せず）が設置され、これらの空気バネ4A~4D上に除振台としての長方形の定盤6が設置されている。ここで、後述するように本実施の形態では投影光学系PLが使用されているため、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に直交する平面内で定盤6の長手方向にX軸を、これに直交する方向にY軸を取る。また、それぞれの軸回りの回転方向を $Z\theta$ 、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 方向と定める。なお、以下の説明において、必要に応じ、

図1中のX、Y、Z軸を示す各矢印の示す方向を+X、+Y、+Z方向、これと反対の方向を-X、-Y、-Z方向と区別して用いるものとする。

【0013】空気バネ4A~4Dは、それぞれ定盤6の長方形の底面の4個の角部付近に配置されている。また、台座2と定盤6との間には空気バネ4Aと並列にアクチュエータ7Aが設置されている。アクチュエータ7Aは、台座2上に固定された固定子9Aと定盤6の底面に固定された可動子8Aとから構成され、制御装置11（図1では図示省略、図4参照）からの指示に応じて台座2から定盤6の底面に対するZ方向の付勢力、または定盤6の底面から台座2に向かう吸引力を発生する。他の空気バネ4B~4Dの近辺にも、空気バネ4Aと同様にそれぞれの空気バネと並列にアクチュエータ7B~7Dが設置され（但し、図1では紙面奥側のアクチュエータ7C、7Dは図示せず）、これらのアクチュエータ7B~7Dの付勢力または吸引力もそれぞれ制御装置11（図1では図示省略、図4参照）により制御される。なお、アクチュエータ7A~7Dの制御方法については、後述する。

【0014】次に、アクチュエータ7A~7Dの具体的な構成について図2に基づいて説明する。

【0015】図2(a)には、アクチュエータ7Aの構成の一例が示されている。この図2(a)において、固定子9Aは、N極の軸9Aaの両側にS極の軸9Ab、9Acが形成されたマグネットよりなる。また、可動子8Aは、軸9Aaに遊嵌する内筒12、この内筒12の外側に巻回されたコイル13、及びこのコイル13を覆う外筒14より構成され、コイル13に流れる電流を調整することにより、固定子9Aと可動子8Aとの間に軸9Aaに平行な方向（±Z方向）の推力が発生する。

【0016】図2(b)には、アクチュエータ7Aの別の例が示されている。この図2(b)において、第1部材15に磁性体の固定子16が固定され、第2部材17に固定子16を挟むように内筒18A及び18Bが固定され、内筒18A及び18Bの外側にそれぞれコイル19A及び19Bが巻回されている。この場合も、コイル19A及び19Bに流す電流を調整することにより、第1部材15と第2部材17との間の吸引力のバランスを変化させて力を発生する。なお、その他のアクチュエータ7B~7Dもアクチュエータ7Aと同様に構成されている。

【0017】図1に戻り、定盤6の+Y方向側の側面には、定盤6のZ方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z1、5Z2が取り付けられている。また、定盤6上面の+Y方向端部には定盤6のY方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Y1、5Y2が取り付けられ、定盤6上面の+X方向端部には定盤6のX方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Xが取り付けられている。これらの加

速度センサ5Z1、5Z2、5Y1、5Y2、5Xとしては、例えば半導体式加速度センサが使用される。これらの加速度センサ5Z1、5Z2、5Y1、5Y2、5Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図4参照）に供給されている。

【0018】また、定盤6の+Y方向側の側面には、所定面積の矩形の金属板（導電性材料）231、232が貼り付けられている。本実施の形態では、定盤6として非導電性材料であるセラミックス製の定盤が使用されており、金属板231、232に対向する位置に定盤のY方向変位を検出する変位センサ10Y1、10Y2（図1では図面の錯綜をさけるため図示省略、図4参照）が設けられている。これらの変位センサ10Y1、10Y2としては、例えば、渦電流変位センサが使用される。この渦電流変位センサによれば、予め絶縁体に巻いたコイルに交流電圧を加えておき、導電性材料（導電体）から成る測定対象に近づけると、コイルによって作られた交流磁界によって導電体に渦電流が発生し、この渦電流によって発生する磁界は、コイルの電流によって作られた磁界と逆方向であり、これら2つの磁界が重なり合って、コイルの出力に影響を与え、コイルに流れる電流の強さ及び位相が変化する。この変化は、対象がコイルに近いほど大きくなり、逆に遠いほど小さくなるので、コイルから電気信号を取り出すことにより、対象の位置、変位を知る事ができる。この他、変位センサとして、静電容量がセンサの電極と測定対象物間の距離に反比例することを利用して非接触でセンサと測定対象物間の距離を検出する静電容量式非接触変位センサを使用しても良い。なお、背景光の影響を阻止できる構成にすれば、変位センサとしてPSD（半導体光位置検出器）などを使用することも可能である。

【0019】また、定盤6上面の+Y方向端部には所定面積の金属板233、234が貼り付けられている。これらの金属板233、234に対向して定盤6のZ方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10Z1、10Z2（図1では図示省略、図4参照）が設けられている。さらに、定盤6上面の+X方向の側面には所定面積の金属板235が貼り付けられ、この金属板235に対向して定盤6のX方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10X（図1では図示省略、図4参照）が設けられている。変位センサ10Y1、10Y2、10Z1、10Z2、10Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図4参照）に供給されている。

【0020】定盤6上には図示しない駆動手段によってXY2次元方向に駆動される基板ステージとしてのXYステージ20が載置されている。更に、このXYステージ20上にZレベリングステージ、 θ ステージ（いずれも図示省略）及びウエハホルダ21を介して感光基板としてのウエハWが吸着保持されている。また、定盤6上

でXYステージ20を囲むように第1コラム24が植設され、第1コラム24の上板の中央部に投影光学系PLが固定され、第1コラム24の上板に投影光学系PLを囲むように第2コラム26が植設され、第2コラム26の上板の中央部にレチクルステージ27を介してマスクとしてのレチクルRが載置されている。

【0021】XZレベリングステージは、Z軸方向の駆動及びZ軸に対する傾斜が調整可能に構成され、 θ ステージはZ軸回りの微小回転が可能に構成されている。従って、XYステージ20、Zレベリングステージ及び θ ステージによって、ウエハWは3次的に位置決めが可能となっている。

【0022】レチクルステージ27は、レチクルRのY軸方向の微調整、及び回転角の調整が可能に構成されている。また、このレチクルステージ27は、図示しない駆動手段によってX方向に駆動されるようになってい

る。

【0023】更に、レチクルRの上方には、図示しない照明光学系が配置され、図示しない主制御装置ではレチクルR及びウエハWの相対位置合わせ（アライメント）及び図示しない焦点検出系によるオートフォーカスを行ないつつ、照明光学系からの露光用の照明光ELの下で、レチクルRのパターンの投影光学系PLを介した像をウエハWの各ショット領域に順次露光するようになっている。本実施の形態では、各ショット領域の露光に際しては主制御装置によりXYステージ20とレチクルステージ27とがそれぞれの駆動手段を介してX軸方向（走査方向）に沿って所定の速度比で相対走査される。

【0024】第1コラム24は、4本の脚部24a～24d（但し、図1では紙面奥側の脚部24dは図示せず）により定盤6上に設置されている。脚部24bの+X方向の側面には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する加速度センサ5Z3が取り付けられている。この加速度センサ5Z3としては、例えばビエゾ抵抗効果型あるいは静電容量型の半導体式加速度センサが使用される。この加速度センサ5Z3の出力も制御装置11（図1では図示省略、図4参照）に入力されている。また、第1コラム24の上板上面の+Y方向端部でかつ+X方向端部となるコーナーの部分には、所定面積の金属板236が貼り付けられている。この金属板236に対向して第1コラム24のZ方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10Z3（図1では図示省略、図4参照）が設けられている。

【0025】さらに、第1コラム24の-X方向の側面にピン35Aが埋め込まれ、ピン35Aと床上に固定された図示しない支柱との間にアクチュエータ32Aが取り付けられている。アクチュエータ32Aは、アクチュエータ7Aと同様に、図示しない支柱に固定されたマグネットよりなる固定子34Aと、ピン35Aに取り付けられたコイルを含む可動子33Aとから構成され、制御

装置11から可動子33A内のコイルに流れる電流を調整することにより、ピン35Aに対して±Y方向に力を与えることができる。同様に、第1コラム24の+X方向の側面にピン35Bが埋め込まれ、ピン35Bと床上に固定された図示しない支柱との間に、アクチュエータ32Aと同一構成のアクチュエータ32Bが取り付けられ、制御装置11からの指示によりピン35Bに対して±Y方向に力を与えることができるようになっている。また、第1コラム24の+X方向の側面の中央部と床上の図示しない支柱との間に、アクチュエータ32Aと同一構成のアクチュエータ32Cが設置され、制御装置11からの指示によりアクチュエータ32Cを介して第1コラム24に対して±X方向に力を与えることができる。制御装置11による、アクチュエータ32A～32Cの制御方法については後述する。

【0026】本実施の形態では、定盤6、XYステージ20、ウェハホルダ21、第1コラム24、投影光学系PL、第2コラム26、及びレチクルステージ27等により露光装置本体部70(図1参照)が構成される。

【0027】続いて図3を参照し、空気バネ4Aについて説明する。空気バネ4Aは、管路40H、電磁バルブ40Vを介して空圧源40Tと接続される。電磁バルブ40Vは空気バネ制御部61(空気バネ制御部61の詳細については後述)によりその開閉を制御される。この電磁バルブ40Vの開弁とともに、空圧源から空気バネ4Aに空気が送られて空気バネ4Aの推力が上昇する。なお、図3においては空気バネとして4Aのみを図示しているが、空気バネ4B～4Dについても同様の構成となっている。

【0028】次に、この露光装置本体部70の除振のためのアクチュエータ7A～7D、32A～32Cの制御系について、制御装置11を中心に、図4のブロック図に基づいて説明する。

【0029】制御装置11は、不図示のCPUで構成され、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3、10Y1、10Y2、10X及び加速度センサ5Z1、5Z2、5Z3、5Y1、5Y2、5Xの出力に基づいて定盤6を含む露光装置本体部70の振動を抑制するようにアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cを駆動制御する。

【0030】そして制御装置11は、第1の座標変換部42と、6つの減算器46a～46fと、位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIと、6つの速度変換ゲイン52a～52fと、第2の座標変換部48と、6つの積分器50a～50fと、6つの減算器54a～54fと、速度コントローラVXPI、VYPI、VZPI、VXθPI、VYθPI、VZθPIと、非干渉化計算部56と、7つの推力ゲイン58a～58gとを有する。そして、第1の座標変換部42は、変位センサ10Z1、10Z2、10Z

3、10Y1、10Y2、10Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、露光装置本体部70の重心の、6自由度方向(X、Y、Z、Xθ、Yθ、Zθ:図1参照)の変位量(x、y、z、θx、θy、θz)に変換する。減算器46a～46fは、第1の座標変換部42で変換後の、重心の6自由度方向の変位量(x、y、z、θx、θy、θz)を目標値出力部44から入力される6自由度方向の重心位置の制御目標値(x0、y0、z0、θx0、θy0、θz0)からそれぞれ減じて6自由度のそれぞれの方向の位置偏差(Δx=x0-x、Δy=y0-y、Δz=z0-z、Δθx=θx0-θx、Δθy=θy0-θy、Δθz=θz0-θz)をそれぞれ算出する。位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIは、6自由度のそれぞれの方向の位置偏差Δx、Δy、Δz、Δθx、Δθy、Δθzを動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成る。速度変換ゲイン52a～52fは、位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIからの出力を速度指令値x0'、y0'、z0'、θx0'、θy0'、θz0'にそれぞれ変換する。第2の座標変換部48は、加速度センサ5Z1、5Z2、5Z3、5Y1、5Y2、5Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、露光装置本体部70の重心の、6自由度のそれぞれの方向の加速度(x''、y''、z''、θx''、θy''、θz'')に変換する。6つの積分器50a～50fは、第2の座標変換部48で変換後の、6自由度のそれぞれの方向の加速度成分(x''、y''、z''、θx''、θy''、θz'')をそれぞれ積分してそれぞれの方向の速度成分(x'、y'、z'、θx'、θy'、θz')に変換する。6つの減算器54a～54fは、速度指令ゲイン52a～52fより出力された速度指令値(x0'、y0'、z0'、θ'x0、θ'y0、θ'z0)から積分器50a～50fの出力(x'、y'、z'、θx'、θy'、θz')をそれぞれ減じて6自由度のそれぞれの方向の速度偏差(Δx'=x0'-x'、Δy'=y0'-y'、Δz'=z0'-z'、Δθx'=θx0'-θx'、Δθy'=θy0'-θy'、Δθz'=θz0'-θz')を算出する。速度コントローラVXPI、VYPI、VZPI、VXθPI、VYθPI、VZθPIは、6自由度のそれぞれの方向の速度偏差Δx'、Δy'、Δz'、Δθx'、Δθy'、Δθz'を動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成り、6自由度のそれぞれの方向の速度制御をする。非干渉化計算部56は、加算器601～606から出力された速度制御量を、各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値に変換するための非干渉化演算を行なう。推力ゲイン58a～58gは、非干渉化計算部56で変換後の各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値を各A

クチュエータで発生すべき推力にそれぞれ変換する。

【0031】制御装置11はさらに、空気バネに発生する推力を制御するための空気バネ制御部61を有する。そして変位センサ10Z1、10Z2、10Z3で計測された定盤6のZ方向変位（高さ）が空気バネ制御部61（図4）に伝えられ、これらのデータをもとに空気バネ制御部61は定盤6の高さを予め設定されている値にするとともに水平レベルを維持するための各空気バネ4A～4Dの高さを算出する。そして、この空気バネ制御部61は空気バネ4A～4Dの高さをそれぞれ算出した高さに設定し、定盤6の水平を維持する。これにより、定盤6に歪みを生ずることがなく、定盤6上のXYステージ20の位置決め精度等が高精度に維持される。

【0032】空気バネ制御部61は、上述した定盤6の水平維持制御をするのに加え、空気バネ4A～4Dの推力も制御する。これについて説明すると、空気バネ制御部61はアクチュエータ7A～7Dで発生する推力を、ローパスフィルタ60a～60dを介して検出、すなわちアクチュエータ7A～7Dで発生する推力の低周波成分を検出する。そして、検出された推力値に基づいて空気バネ4A～4Dによる推力の要否を判定し、推力が必要と判定した場合にはそれぞれの空気バネ4A～4Dに対応して設置される電磁弁40V（図3）を開弁するよう制御する。このように空気バネ4A～4Dの推力を制御することにより、アクチュエータ7A～7Dの負荷を軽減して、アクチュエータ7A～7Dから局部的に熱が発生するのを防止する。このときの電磁弁40Vの開弁制御について空気バネ4Aを例にとり、図5を参照して説明する。

【0033】図5は、図7に示したものと同様のタイムチャートである。空気バネ制御部61（図4）は電磁弁40V（図3）を全閉状態から全開状態に切替える際に、開閉駆動信号として図5の①に示すようにパルス幅 t_1 の矩形波を周期的に発する。このパルス幅 t_1 は、電磁弁40Vが全閉状態から全開状態に達するまでに要する時間よりも短い時間が設定される。一方、パルス間隔 t_2 は開きかけた電磁弁40Vが全開状態に戻るのに必要な時間が設定される。そして図5の②に示すように電磁弁40Vが半開動作を繰り返すことにより、図3に示した空圧源40T内の空気は空気バネ4A～4Dに少しずつ供給されるので、図5の③に示すように空気バネ4A～4DのZ方向推力は徐々に上昇する。これにより、図5の④に示すように、空気バネの推力上昇にともなう露光装置本体部の残留振動の発生が抑制される。

【0034】ところで、上述の説明において、電磁弁40Vに対して一定周期のパルス波を発する例について説明したが図6のタイムチャートに示すようにパルス幅を t_1 から t_n へと、徐々に増加させてもよい。これは、空気バネ4A～4Dの内圧が高まるにつれて、同じ開弁時間に対する空気バネ内部への空気流入量が減少する分

を補うためである。このように電磁弁40Vの開弁度を徐々に増してゆくことにより、空気バネ4A～4Dに発生する推力は、図5を参照して説明した例のものに比べ、より短い時間で整定可能となる。

【0035】また、図5および図6を参照しての上記説明においては、電磁弁40Vを閉状態から開状態に切替える際の前準備開動作として電磁弁40Vの半開動作を繰り返すものであったが、この電磁弁40Vの半開動作の繰り返しに代えて全開、全閉を断続的に繰り返すものであってもよい。すなわち、図3に示す空圧源40Tの圧力や電磁弁40Vが開弁しているときに管路40H内を流動する空気量、あるいは空気バネ4Aの容量によっては、電磁弁40Vの全開、全閉動作を断続的に繰り返すことで、定盤6に振動を発生させることなく上述した例のものに比べてさらに短い時間での整定が可能となる。

【0036】なお、上記の実施の形態の説明において、図3に示す空圧源40Tから空気バネ4A～4Dに空気を供給する際の作動について説明したが、上述した電磁弁40Vの駆動制御方法を、例えば不図示の弁によって空気バネ4A～4Dから空気を排出し、推力を減ずる際に適用しても有効である。

【0037】-第2の実施の形態-

図8および図9を参照して本発明の第2の実施の形態について説明する。図8は、第2の実施の形態に係る除振装置が適用される露光装置の制御装置11A、およびこの制御装置11Aに接続される電磁弁などの構成を説明するブロック図である。図8に示す制御装置11Aについては、第1の実施の形態の説明に際して参照した図4に示す制御装置11と構成の異なる部分のみを示している。図8に示していない部分の構成は図4のものと同様である。ここでは、第1の実施の形態との差異を中心に説明する。

【0038】図8において、空気バネ制御部61Aには3ポート電磁弁86A～86C、2ポート電磁弁88A～88C、および比例電磁式リリーフ弁（以下、リリーフ弁と称する）90A～90Cが接続される。空圧源40Tには管路81を介して絞り弁82A～82Cおよび絞り弁83A～83Cの入り口側が接続される。絞り弁82A～82Cのオリフィスの開口径は、絞り弁83A～83Cのオリフィスの開口径よりも大きめに設定される。絞り弁82A、83A、82B、83B、82C、83Cの出口側は、それぞれ管路84A、85A、84B、85B、84C、85Cを介して3ポート電磁弁86A～86Cの入り口側に接続される。

【0039】3ポート電磁弁86A～86Cの出口側は、それぞれ管路87A～87Cを介して2ポート電磁弁88A～88Cの入り口側に接続される。2ポート電磁弁88A～88Cの出口側は、それぞれ管路89A～89Cを介してリリーフ弁90A～90Cの入り口側に

接続される。リリーフ弁90A~90Cのそれぞれの出口側は、管路91を介して排気口92に接続される。

【0040】2ポート電磁弁88Aの出口側と空気バネ4A、4Bとは管路93Aを介して、2ポート電磁弁88Bの出口側と空気バネ4Cとは管路93Bを介して、2ポート電磁弁88Cの出口側と空気バネ4Dとは管路93Cを介してそれぞれ接続される。

【0041】ここで、以上のように構成される第2の実施の形態に係る除振装置の作動について図9を参照して説明する。露光装置100の稼働開始に際して空気バネ制御部61Aは、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3(図4)から出力される定盤6(図1)のZ(高さ)方向変位に関する信号に基づき、リリーフ弁90A~90Cに信号を発し、所定のリリーフ圧に制御する(図9のタイミング①)。続いて空気バネ制御部61Aは、3ポート電磁弁86A~86Cに信号を発してこれらの3ポート電磁弁86A~86Cをクロス接続状態、すなわち管路84Aと管路87A、管路84Bと管路87B、管路84Cと管路87Cとがそれぞれ連通する状態に制御する(タイミング②)。空気バネ制御部61Aはまた、2ポート電磁弁88A~88Cに信号を発してこれらの2ポート電磁弁88A~88Cを開弁状態に制御する(タイミング③)。なお、4つの空気バネ4A~4Dのうち、空気バネ4Aおよび4Bは図8に示されるように管路で連通しているため、常に相等しい空圧で制御される。したがって4つの空気バネ4A~4Dは、空気バネ4A+空気バネ4B、空気バネ4C、空気バネ4Dと、3つのブロックに分けられ、それぞれのブロックごとに独立してその推力が制御される。以下の説明では煩雑化を避けるため、空気バネ4A~4Dから発生する推力を独立制御することについては触れない。

【0042】空気バネ制御部61Aによる以上の制御により、空圧源40Tから供給される空気は、管路81、絞り弁82A~82C、管路84A~84C、管路87A~87C、管路93A~93Cのそれぞれを経て空気バネ4A~4Dに導かれる。以上のようにして空気バネ4A~4Dには推力が発生し、定盤6が上昇を開始する(タイミング③~④間)。このとき、絞り弁82A~82Cのオリフィス開口径は、上述のように絞り弁83A~83Cのオリフィス開口径よりも大きめに設定されているため、絞り弁82A~82C内を通過する空気の流量は比較的多めになる。これにより、比較的時間のうちに空気バネ4A~4Dの推力を上昇させることができる。すなわち、絞り弁82A~82Cは、空気バネ4A~4Dより発生させる推力を粗調整する際に用いられる。

【0043】空気バネ制御部61Aは、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3のそれぞれで検出される定盤6のZ方向位置が目標位置に対してそれぞれ所定の誤差内に収まるのを判定し、3ポート電磁弁86A~86C

をストレート接続状態、すなわち管路85Aと管路87A、管路85Bと管路87B、管路85Cと管路87Cとを連通する状態に制御する(タイミング④)。これにより、空圧源40Tから供給される空気はオリフィス開口径の比較的小さな絞り弁83A~83Cを通過する。これにより、空気バネ4A~4Dの推力上昇速度は低下する。すなわち、絞り弁83A~83Cは、空気バネ4A~4Dより発生させる推力を微調整する際に用いられる。なお、上述したようにオリフィス開口径の異なる絞り弁を切り換えるのに代えて可変絞り弁を用いることも可能である。

【0044】空気バネ制御部61Aは、以上のようにして定盤6のZ方向位置を目標位置内に制御する。空気バネ4A~4Dの推力、すなわち空気バネ4A~4D内の圧力が上述のリリーフ圧に達すると、空圧源40Tから供給される空圧のうち、過剰圧力分がリリーフ弁90A~90Cより排出され、空気バネ4A~4Dの空圧は一定に保たれる(タイミング⑤~⑥)。

【0045】以後、空気バネ制御部61Aは、リリーフ弁90A~90Cのリリーフ圧を調整することにより空気バネ4A~4Dの推力の制御を行う。このとき空気バネ制御部61Aは、第1の実施の形態でも説明したとおり、アクチュエータ7A~7D(図4)を駆動する信号の中からローパスフィルタ60a~60dを介して低周波成分の信号のみを入力する。そして空気バネ制御部61Aは、この信号の入力結果にも応じてリリーフ弁90A~90Cのリリーフ圧を制御する。引き続き図9を参照して空気バネ制御部61Aによる空気バネ4A~4Dの推力の制御方法について説明する。

【0046】上述した信号の入力に伴い、空気バネ制御部61Aが空気バネ4A~4Dの推力を下げる必要があると判定した場合、この空気バネ制御部61Aはリリーフ弁90A~90Cのリリーフ圧を徐々に下げる(タイミング⑥~⑦)。逆に、空気バネ制御部61Aが空気バネ4A~4Dの推力を上げる必要があると判定した場合、リリーフ弁90A~90Cのリリーフ圧を徐々に上げる(タイミング⑧~⑨)。

【0047】空気バネ制御部61Aは、以上のようにして空圧源40Tより空気バネ4A~4Dのそれぞれに常時供給される空圧のうち、過剰な圧力分についてリリーフ弁90A~90Cを介して排出する。このとき、空気バネ制御部61により、リリーフ弁90A~90Cのリリーフ圧は徐々に変化するように制御されるので、空気バネ4A~4Dで発生する推力が急変することがない。したがって、露光装置本体部70(図4)に発生する不所望の揺れ(残留振動)を抑制することができる。また、空気バネ制御部は、上述のようにアクチュエータ7A~7Dを駆動する信号の中からローパスフィルタ60a~60dを介して低周波成分の信号のみを入力した結果に基づいて空気バネ4A~4Dの推力を調整する。こ

れにより、アクチュエータ7A~7Dで発生する定常推力を低減することができ、アクチュエータ7A~7Dからの発熱を抑制することができる。

【0048】—第3の実施の形態—

図10を参照して本発明の第3の実施の形態について説明する。図10は第3の実施の形態に係る除振装置が適用される露光装置の制御装置11B、およびこの制御装置11Bに接続される電磁弁などの構成を説明するブロック図である。図10に示す制御装置11Bについても、図8と同様に第1の実施の形態の説明に際して参照した図4に示す制御装置11と構成の異なる部分のみを示しており、図10に示していない部分の構成は図4のものと同様である。また、図10において、図8と同じ構成要素には同じ参照符号を付してその説明を省略するとともに、第2の実施の形態との差異を中心に説明する。

【0049】図10において、ステージ制御部94は、レチクルステージ27およびXYステージ20の位置制御を行うためのものである。重心位置演算部95は、ステージ制御部94から出力されるレチクルステージ27のX、Y方向の移動量に関する信号RX、RY、およびXYステージ20のX、Y方向の移動量に関する信号WX、WYを入力する。重心位置演算部95は、上述した信号の入力結果に基づいて露光装置本体部70の重心位置変化量を演算する。そして重心位置演算部95は、露光装置本体部70の重心位置変化量に関する信号CGX、CGYを推力補償量演算部96に出力する。

【0050】推力補償量演算部96は、露光装置本体部70の重心位置が変化して露光装置本体部70が傾いてしまうのを防止するため、上述の信号CGX、CGYに基づいて空気バネ4A~4Dのそれぞれから発生する推力の補償量を求め、この補償量に関する信号 ΔPAB 、 ΔPC 、および ΔPD を空気バネ制御部61Bに出力する。つまり、露光装置本体部70は主として空気バネ4A~4DでZ方向に支持されているが、空気バネ4A~4Dのそれぞれに分散して作用する露光装置本体部70の荷重と、空気バネ4A~4Dから発生する推力とに関して露光装置70の重心まわりのモーメントの釣合方程式を解く。そして、重心位置の移動に伴って空気バネ4A~4Dのそれぞれから発生すべき新たな推力値を求め、この新たな推力値と、現状で空気バネ4A~4Dのそれぞれに発生している推力値との差から上述した推力の補償量を求める。

【0051】空気バネ制御部61Bは、上述のようにして求めた推力の補償量に対応する信号 ΔPAB 、 ΔPC 、および ΔPD と、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3から出力される定盤6のZ方向位置に関する信号と、ローパスフィルタ60a~60dを介して得られるアクチュエータ7A~7Dを駆動する信号のうちの低周波成分の信号とを入力する。そして空気バネ制御部6

1Bは、第2の実施の形態で説明したのと同様にして3ポート電磁弁86A~86C、2ポート電磁弁88A~88C、リリース弁90A~90Cを制御して空気バネ4A~4Dから発生する推力を調整する。

【0052】以上に説明したように、第3の実施の形態に係る除振装置によれば、レチクルステージ27あるいはXYステージ20の移動に伴う露光装置本体部70の重心位置の変動に対応して空気バネ4A~4Dの推力を調節することにより、定盤6の姿勢を常に一定に保持することができる。これによりレチクルステージ27あるいはXYステージ20の移動に伴って露光装置本体部70に発生する不所望の揺れ（残留振動）を抑制することができる。

【0053】以上に説明した第2、第3の実施の形態では、空圧源40Tから供給される空圧のうち、過剰な空圧分をリリース弁90A~90Cで逃がすことにより空気バネ4A~4Dの推力を制御するものについて説明したが、これに代えて以下のように空気バネ4A~4Dの推力を制御するものであってもよい。すなわち、図8、あるいは図10においてリリース弁90A~90Cをオリフィス径固定の絞り弁に、2ポート電磁弁88A~88Cを比例電磁式の圧力制御弁に、それぞれ置き換えることにより、空気バネ4A~4Dの推力を制御することが可能である。

【0054】ところで、上述した第1~第3の実施の形態の説明において、図1に示すように定盤6の上面には第1コラム24が立設され、この第1コラム24の上面に第2コラム26が立設されていて、これら定盤6、第1コラム24、および第2コラム26により露光装置本体部70の骨格部が形成される。これに対し、図1に示すものとは異なる構造の骨格部が形成される露光装置に対しても本発明に係る除振装置を適用することができる。これについて図11を参照して説明する。なお、図11に示す露光装置において、図1に示すものと同様の構成には同じ符号を付し、その説明を省略する。また、図11においても投影光学系PLの光軸と平行にZ軸を取り、Z軸に直交する平面内で定盤6Aの長手方向にX軸を、これに直交する方向にY軸を取る。また、それぞれの軸回りの回転方向を $Z\theta$ 、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 方向と定める。さらに、必要に応じ、図11中のX、Y、Z軸を示す各矢印の示す方向を+X、+Y、+Z方向、これと反対の方向を-X、-Y、-Z方向と区別して用いる。

【0055】図11(a)において、台座2の上面にアクチュエータ7A~7D（但し、図11(a)では紙面奥側のアクチュエータ7Dは図示せず）が設置される。これらのアクチュエータ7A~7Dの上に空気バネ4A~4D（但し、図11(a)では紙面奥側の空気バネ4Dは図示せず）が設置され、これらの上に定盤6Aが設置される。これらアクチュエータ7A~7Dおよび空気バネ4A~4Dの詳細については後で説明する。

【0056】定盤6Aには下ベース6Bが吊支される。ウェハステージ20は、この下ベース6Bの上に設置される。定盤6Aには、この定盤6Aを貫通して投影光学系PLが固設される。投影光学系PLの上方にはレチクルステージ27が設置される。定盤6Aの上には、投影光学系PLを囲むようにコラム26Aが固設され、コラム26Aの上部にミラー保持ユニット154を介してミラー152が固設される。コラム26Aの上部にはまた、照明光学系ILが設置される。照明光学系ILから出射される照明光は上述のミラー152で反射されてレチクルRに導かれる。

【0057】以上に説明したように、図11(a)に示す露光装置100Aは、定盤6Aを核として、定盤6Aに下ベース6Bを吊支する一方、定盤6Aの上面にコラム26Aを固設する骨格構造の露光装置本体部70Aを有する。そして、空気バネ4A~4Dおよびアクチュエータ7A~7Dは、上述した骨格構造の核となる定盤6Aを支える。このような構造とすることにより露光装置本体部70A全体の剛性を容易に増すことができる。また、図1に示す構造の露光装置100に比べて、図11(a)に示す構造の露光装置100Aでは、露光装置本体部70Aの重心位置高さと定盤6Aの支持位置高さとの差を少なくすることができる。これにより、露光装置本体部70Aが傾いた場合に、その傾きを修正するために空気バネ4A~4Dおよびアクチュエータ7A~7Dから発するべき推力は図1に示すものに比べて小さくすることができる。したがって、露光装置本体部70Aの安定度を容易に増すことができる。

【0058】ここで、図11(b)を参照して露光装置本体部70の除振を行うためのアクチュエータ7A~7Dおよび空気バネ4A~4Dの接続状態について説明する。なお、これらのアクチュエータ7A~7D、あるいは空気バネ4A~4Dはいずれも同じ構成のものであり、ここではアクチュエータ7Aおよび空気バネ4Aについてのみ説明をする。

【0059】アクチュエータ7Aは、図2(a)を参照して説明したとおり、固定子9Aおよび可動子8Aなどで構成され、電磁力により±Z方向に推力を発生する。固定子9Aは固定枠体7Aaの内側下部に固設され、可動子8Aは可動枠体4cと結合される。空気バネ4Aは、固定部4eおよび可動部4fなどで構成される。空気バネ4Aの固定部4eは固定枠体7Aaの上に固設される一方、可動部4fは可動枠体4cと連結される。このような構成により、アクチュエータ7Aおよび空気バネ4Aから発生する推力はいずれも可動枠体4cに伝達される。アクチュエータ7Aから発生する推力は、制御装置11(図1)により調節される。空気バネ4へは、エア給気穴4bを経て空圧源40T(図3)より圧縮空気が送られる。空気バネ4Aから発生する推力は、制御装置11により発せられる制御信号に基づき、空気バネ

制御部61(図4)により調節される。

【0060】可動枠体4cの天面にはダボ4aが突設されているが、これは定盤6Aの底面に穿設される穴(不図示)と嵌合して位置決めを行うためのものである。

【0061】再び図11(a)を参照して定盤6Aに設置されるセンサ等について説明する。定盤6Aの上面における+Y方向側の両端部近くに、加速度センサ105Aおよび105Bがそれぞれ固設される。また、定盤6Aの上面における-Y方向側の端部近くに加速度センサ105Cが固設され、これらの加速度センサ105A~105Cにより定盤6Aの振動が検出される。さらに、定盤6Aの+X方向側の側面の両端近くに変位センサ106Bおよび106Cがそれぞれ固設され、定盤6Aの-X方向側の側面における+Y側端近くに変位センサ106Aが固設される。台座2の±X側両端近くには門型形状のフレーム102Aおよび102Bがそれぞれ固設される。変位センサ106A~106Cは、上記のフレーム102Aあるいは102Bと定盤6Aとの相対変位を検出する。これらの加速度センサ105A~105Cおよび変位センサ106A~106Cはいずれも制御装置11(図4)に接続される。

【0062】上述の加速度センサ105A~105C、そして変位センサ106A~106Cの振動検出方向あるいは変位検出方向について説明する。加速度センサ105Bは、定盤6Aに生じる±X方向、±Y方向、±Z方向の加速度をそれぞれ検出する3つの加速度センサで構成される。加速度センサ105Aは、定盤6Aに生じる±Y方向、±Z方向の加速度をそれぞれ検出する2つの加速度センサで構成される。加速度センサ105Cは、定盤6Aの±Z方向の加速度を検出するセンサで構成される。同様に変位センサ106Bは、定盤6Aとフレーム102Bとの間の±X方向、±Y方向、±Z方向の相対変位をそれぞれ検出する3つの変位センサで構成される。変位センサ106Aは、定盤6Aとフレーム102Aとの間に生じる±Y方向、±Z方向の相対変位をそれぞれ検出する2つの変位センサで構成される。そして変位センサ106Cは、定盤6Aとフレーム102Bとの間で生じる±Z方向の相対変位を検出するセンサで構成される。これらの加速度センサ105A~105Cおよび変位センサ106A~106Cから出力される信号を処理することにより、定盤6Aの6自由度方向、すなわち±X方向、±Y方向、±Z方向、±Xθ方向、±Yθ方向および±Zθ方向の変位と振動とを検出することができる。

【0063】フレーム102Aの上部、+Y側端部近くに固設されるYアクチュエータ32A、そしてフレーム102Bの上部+Y側端部近くおよび中央部近くにそれぞれ固設されるYアクチュエータ32BおよびXアクチュエータ32Cについて説明する。Xアクチュエータ32Cは、定盤6Aに対して±X方向の推力を与えるもの

である。Yアクチュエータ32A、32Bは、定盤6Aに対して±Y方向の推力を与えるためのものである。このとき、Yアクチュエータ32Aおよび32Bのそれぞれから発する推力を調節することにより、定盤6Aに±Zθ方向の回転力を生じさせることもできる。定盤6Aの上面上には、それぞれのアクチュエータと対向するようにブロック35A、35B、および35Cが固設される。そして、各アクチュエータから発せられる推力は、それぞれのアクチュエータに対向するこれらのブロック35A、35B、35Cを介して定盤6Aに伝えられる。

【0064】制御装置11は、以上に説明した加速度センサ105A～105Cおよび変位センサ106A～106Bで検出された定盤6Aの振動および変位に基づき、上述の空気バネ4A～4D、アクチュエータ7A～7D、Xアクチュエータ32Aおよび32B、そしてYアクチュエータ32Cより発する推力を制御する。

【0065】なお、図11に示す露光装置本体部70Aの除振を行うためには、第1～第3のいずれの実施の形態の説明中の除振装置であっても適用可能であり、これにより露光装置本体部70Aの位置は一定に保持され、かつ除振される。このとき、空気バネ制御部61(図4)、61A(図8)、あるいは61B(図10)は、第1～第3の実施の形態で説明したように空気バネ4A～4Dより発生する推力を調節する際に、空気バネ4A～4Dから発生する推力を急変させることがない。これにより、空気バネ4A～4Dの推力上昇にともなう露光装置本体部70Aの残留振動の発生が抑制される。

【0066】以上の第1～第3の実施の形態の説明においては、本発明に係る除振装置をステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置に適用した場合について示したが、本発明の除振装置はステッパ方式の投影露光装置であっても定盤上をステージが移動するものであるから好適に適用できるものである。

【0067】さらに本実施の形態に係る除振装置は、上記実施の形態で説明した光学式の露光装置のみならず、荷電粒子線露光装置にも適用可能である。

【0068】以上の発明の実施の形態と請求項との対応において、制御装置11、11Aおよび11Bが除振台制御系を、電磁弁40Vが弁開閉手段を、リリーフ弁90A～90Cが可変圧力調整手段を、ステージ制御部94がテーブル移動量出力手段を、レチクルステージ27およびXYステージ20が移動テーブルを、露光装置本体部70および70Aが露光装置本体をそれぞれ構成する。

【0069】

【発明の効果】

(1) 請求項1に記載の除振装置によれば、開弁して空気バネの推力を増し、アクチュエータの負荷を低減させる際に、弁の予備開閉動作を行うことにより、空圧源

からの空気を徐々に空気バネ内に導くことができる。これにともない、空気バネの推力も徐々に上昇するので除振台に発生する残留振動を抑制することができる。

(2) 請求項2に記載の除振装置によれば、空圧源から供給される空圧の一部を、空気バネをバイパスさせて流動させながら空気バネに供給する空圧を調節することにより、空気バネの推力を徐々に変化させながら調節することができる。これにより、除振台に発生する残留振動を抑制することができる。

(3) 請求項3に記載の除振装置によれば、移動テーブルの移動によって除振台の重心位置が変化することに対応して複数の空気バネのそれぞれの推力を調整することにより、除振台の姿勢を常に一定に保持することができる。これにより除振台に発生する不所望の揺れ(残留振動)を抑制することができる。

(4) 請求項4に記載の除振装置によれば、リリーフ弁のリリーフ圧を徐々に変化させることにより空気バネの推力を徐々に変化させながら調節することができる。これにより、除振台に発生する残留振動を抑制することができる。

(5) 請求項5に記載の露光装置によれば、除振台に発生する不所望の残留振動が抑制可能で、これにより露光装置のスループットや露光精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態に係る投影露光装置を示す斜視図。

【図2】 (a)はアクチュエータ7Aの一例を示す拡大断面図、(b)はアクチュエータ7Aの他の例を示す拡大断面図である。

【図3】 空気バネ4A、電磁弁40Vおよび空圧源40Tの接続状態を示す図。

【図4】 第1の実施の形態に係る除振台の制御装置の構成を示す制御ブロック図。

【図5】 電磁弁の作動の一例を説明するタイミングチャート。

【図6】 電磁弁の作動の他の例を説明するタイミングチャート。

【図7】 従来の技術に係る投影露光装置における電磁弁の作動を説明するタイミングチャート。

【図8】 第2の実施の形態に係る除振台の制御装置の構成を示す制御ブロック図。

【図9】 空気バネ制御部の制御シーケンスを説明するタイミングチャート。

【図10】 第3の実施の形態に係る除振台の制御装置の構成を示す制御ブロック図。

【図11】 本発明による除振装置が適用される投影露光装置の他の例を説明する図。

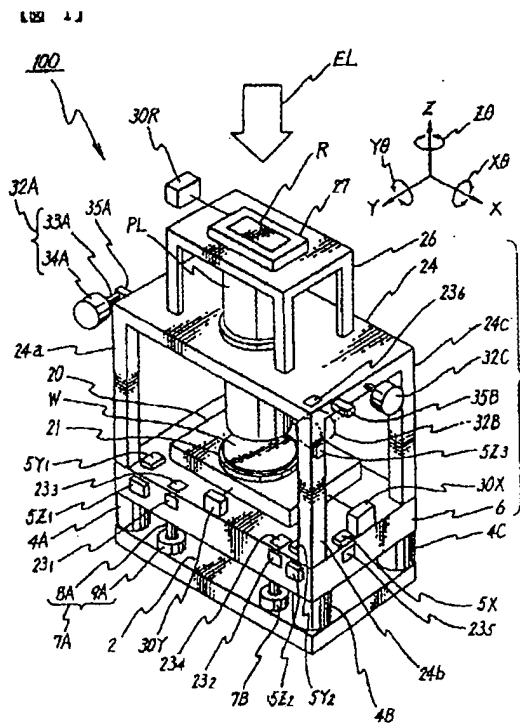
【符号の説明】

4A～4D 空気バネ

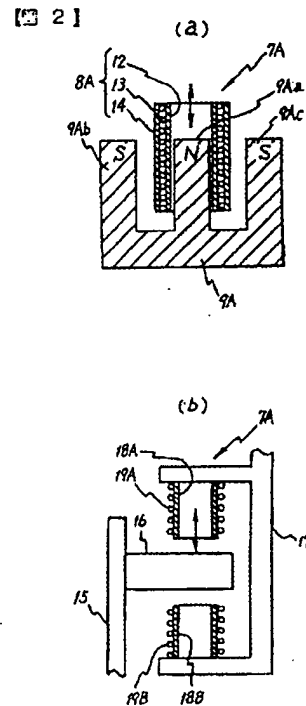
5Z1~5Z3、5Y1、5Y2、5X、105A~1
 05C加速度センサ（振動センサ）
 6、6A 定盤（除振台）
 7A~7D アクチュエータ
 10Z1~10Z3、10Y1、10Y2、10X、1
 06A~106C変位センサ
 11、11A、11B 制御装置
 32A、32B Xアクチュエータ
 32C Yアクチュエータ
 40T 空圧源

40V 電磁弁
 40H 管路
 61、61A、61B 空気バネ制御部
 70、70A 露光装置本体部
 90A~90C 比例電磁式リリース弁（リリース
 弁）
 94 ステージ制御部
 95 重心位置演算部
 96 推力補償量演算部
 100、100A 露光装置

【図1】

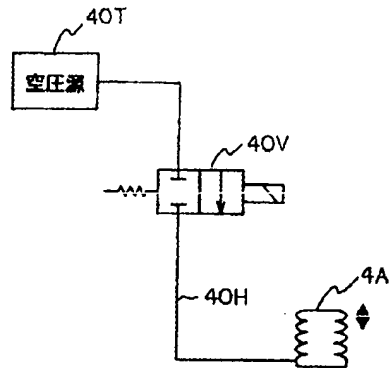


【図2】



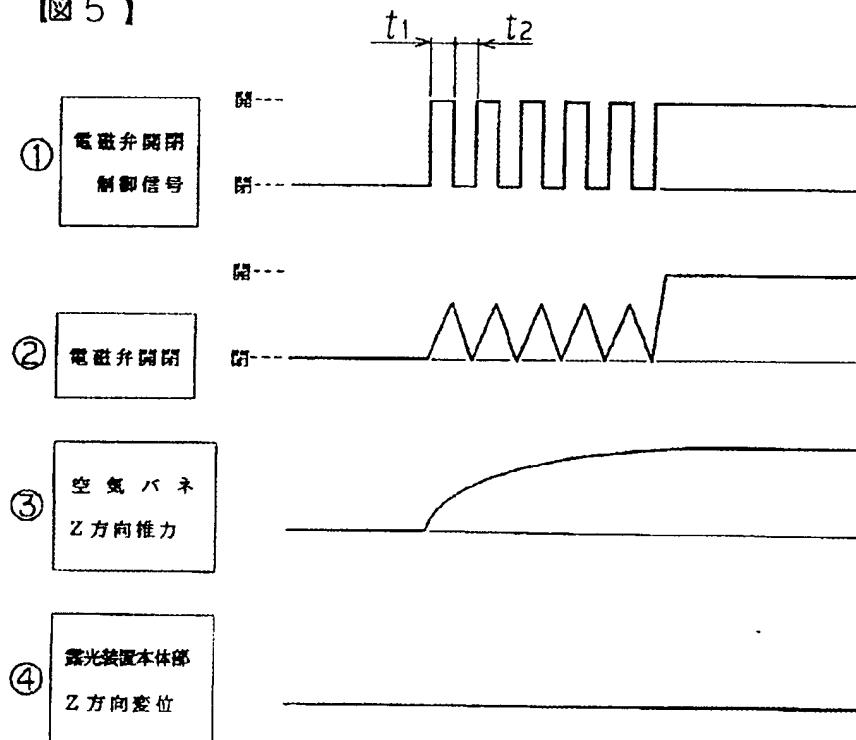
【図3】

【図3】

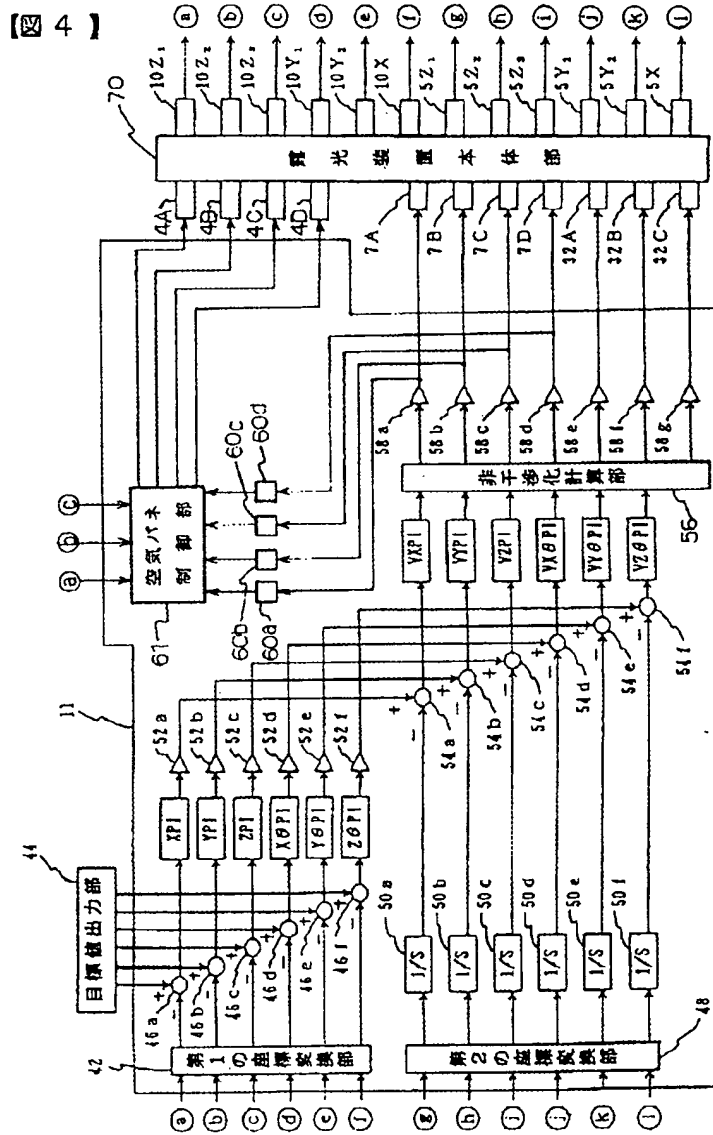


【図5】

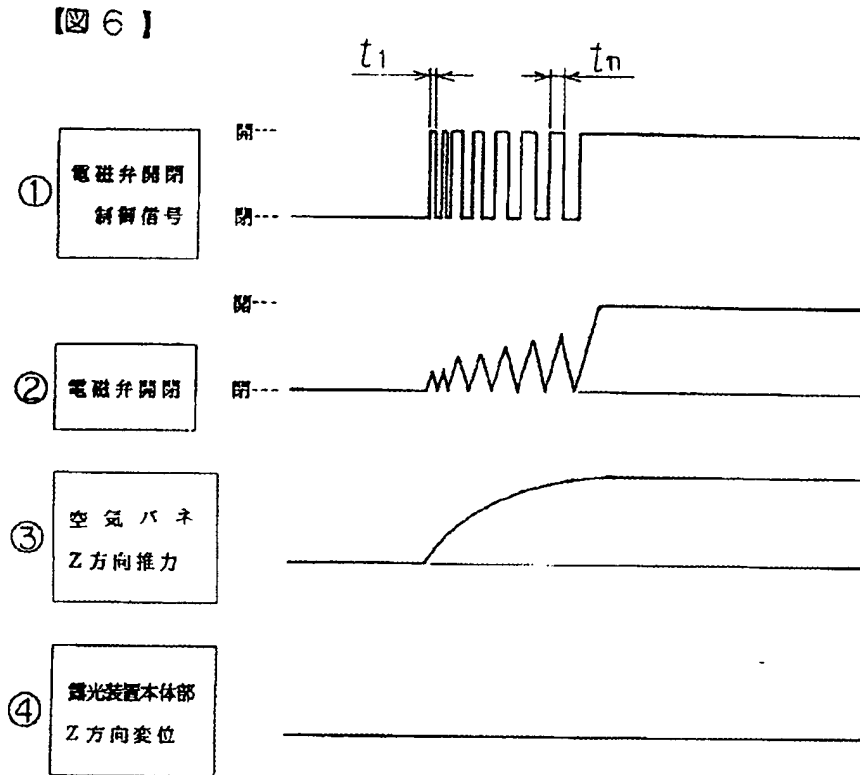
【図5】



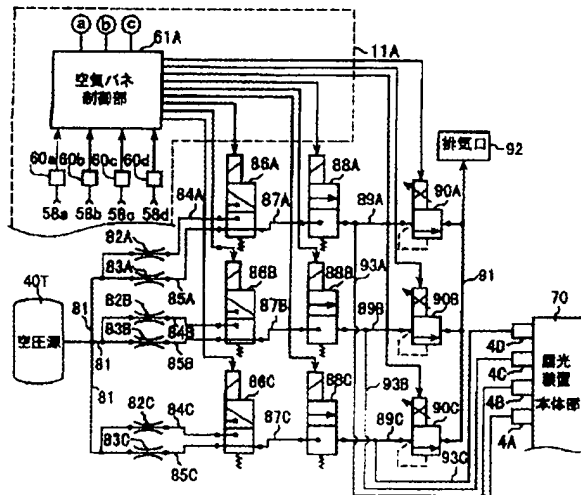
【図4】



【図6】



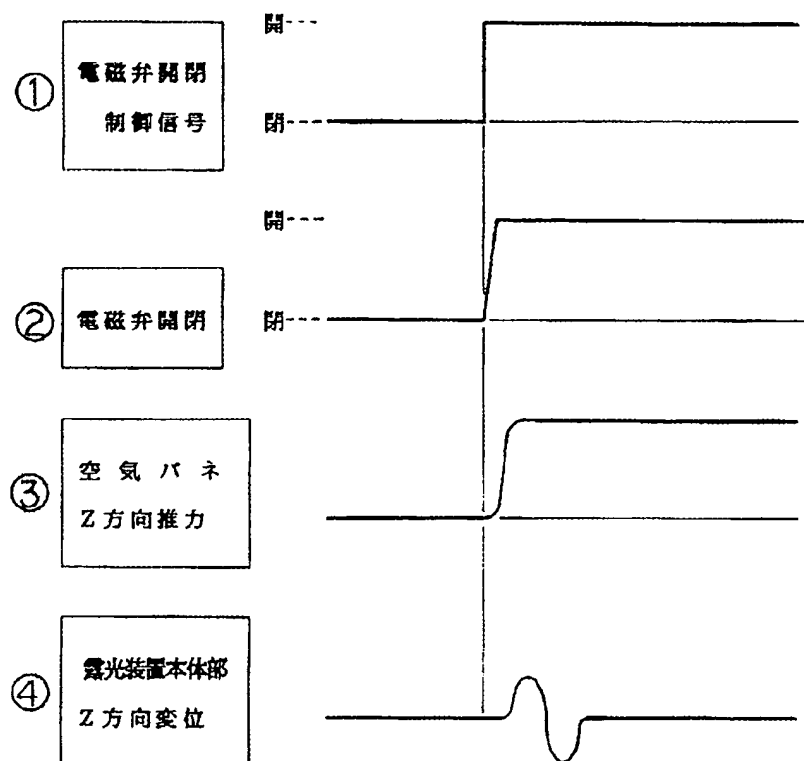
【図8】



【 8 図】

【図7】

【図 7】



絞り弁 (82A~82C)

絞り弁 (83A~83C)

24°-ト電磁弁 (24A~24C)

28°-ト電磁弁 (28A~28C)

リーフ圧

空気/バネ Z 方向推力

図1 光学センサー本体部 Z 方向位置

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

【圖 10】

【図11】

